

**Auto-focusing microscope transmits image and focal position information along separate optical paths within main beam path of objective**

**Patent number:** DE10024685  
**Publication date:** 2001-11-22  
**Inventor:** CZARNETZKI NORBERT (DE); SCHERUEBL THOMAS (DE)  
**Applicant:** ZEISS CARL JENA GMBH (DE)  
**Classification:**  
- international: (IPC1-7): G02B21/24; G02B7/28; G02B21/18  
- european: G02B21/00M4A7F; G02B21/24B  
**Application number:** DE20001024685 20000518  
**Priority number(s):** DE20001024685 20000518

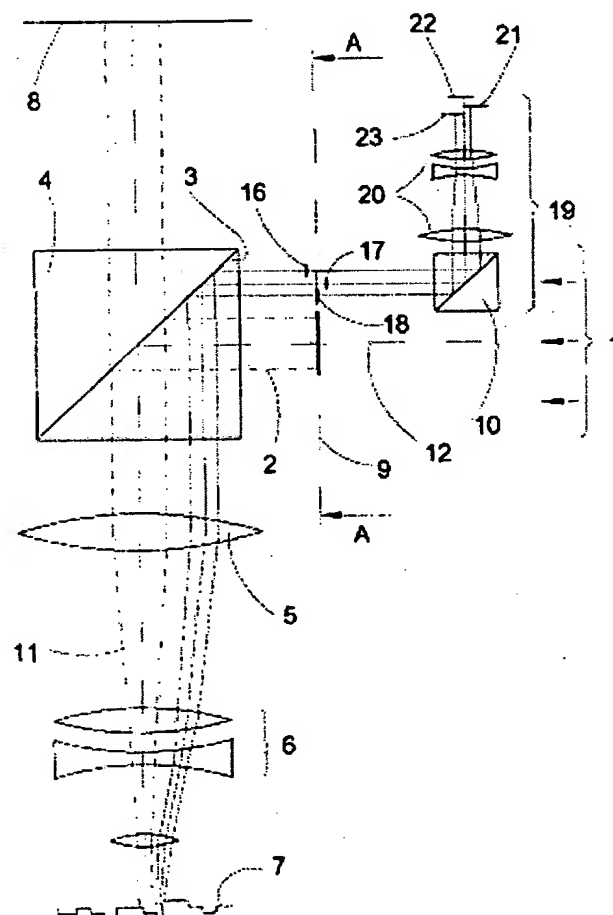
Also published as:

WO0188590 (A1)  
WO0188590 (A1)  
US2003112504 (A)

Report a data error he

**Abstract of DE10024685**

Information concerning the image and focal position, is transmitted along separate optical paths within the beam path of the objective (6).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 24 685 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**G 02 B 21/24**  
G 02 B 21/18  
G 02 B 7/28

21 Aktenzeichen: 100 24 685.0  
22 Anmeldetag: 18. 5. 2000  
43 Offenlegungstag: 22. 11. 2001

DE 100 24 685 A 1

71 Anmelder:  
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

72 Erfinder:  
Czarnetzki, Norbert, Dipl.-Ing., 07747 Jena, DE;  
Scherübl, Thomas, Dr.-Ing., 07745 Jena, DE

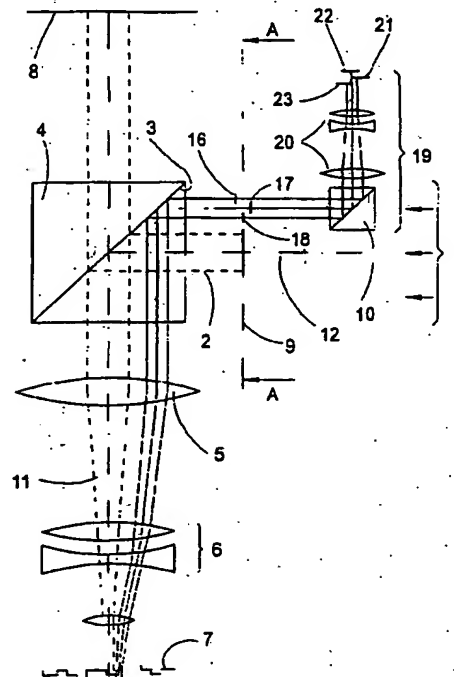
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 197 25 483 A1  
DE 197 13 362 A1  
US 47 25 721

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 **Anordnung zur konfokalen Autofokussierung**

57 Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur konfokalen Autofokussierung von optischen Geräten, bevorzugt zur Feinfokussierung von Mikroskopen, bei denen ein Beleuchtungsstrahlengang (2) auf ein Beobachtungsobjekt (7) gerichtet ist, aus dem vom Beobachtungsobjekt (7) in ein Objektiv (6) reflektiertes Licht sowohl Bildinformationen von der Oberfläche des Beobachtungsobjektes (7) als auch Informationen über die Fokuslage gewonnen werden und anhand dieser Informationen mittels einer Auswerte- und Einstelleinheit eine Korrektur der Fokuslage veranlaßt wird.  
Bei einem Gerät der eingangs beschriebenen Art sind die Fokuslage in verschiedenen, örtlich voneinander getrennt verlaufenden optischen Zweigen geführt. Dabei verläuft im Zentrum des Objektivstrahlenganges ein Lichtbündel (11) als Bildübertragungs- und in der Peripherie des Objektivstrahlenganges ein Autofokussierungszweig mit drei optischen Kanälen (13, 14, 15), von denen ein erster ein extrafokales, ein zweiter ein intrafokales und ein dritter ein konjugiertes Signal in entsprechende Autofokussierungsbildebenen (21, 22, 23) liefert.



DE 100 24 685 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur konfokalen Autofokussierung von optischen Geräten, bevorzugt von Mikroskopen, bei denen ein Beleuchtungsstrahlengang auf ein Beobachtungsobjekt gerichtet ist, aus dem vom Beobachtungsobjekt in ein Objektiv reflektiertes Licht sowohl Bildinformationen von der Oberfläche des Beobachtungsobjektes als auch Informationen über die Fokussierung gewonnen werden und anhand dieser Informationen mittels einer Auswerte- und Einstellereinheit eine Korrektur der Fokussierung veranlaßt wird.

[0002] Für eine sichere und nach Möglichkeit selbsttätige Fokussierung von optischen Geräten, wie beispielsweise von Mikroskopen oder Projektoren, wird zum Fokussieren bzw. "Scharfeinstellen" häufig das optische Hauptübertragungssystem genutzt, das heißt aus dem Objektivstrahlengang werden sowohl die Bildinformationen über das zu beobachtende Objekt als auch die Informationen zur Bewertung der Fokussierung gewonnen. Letztere werden vor allem in kontinuierlich ablaufenden Fertigungsprozessen, in denen das Produkt bzw. dessen Oberfläche kontrolliert werden muß, zur Fokussierung genutzt, wenn die Fokussierung aus irgendwelchen Gründen auswandert bzw. das Bild "unscharf" wird.

[0003] Dies ist insbesondere auch bei Anordnungen der Fall, bei denen das Abbildungsobjekt bzw. die Objektebene punktweise angetastet wird. Dabei werden zwar bezüglich der Auflösung in Richtung der optischen z-Achse meist ausreichende Ergebnisse erzielt, nachteiligerweise aber ist eine hochgenaue Nachfokussierung auf höhen- oder reflexionsstrukturierte Flächen, Kanten sowie auf Dünnschichtsysteme immer noch mit Problemen behaftet.

[0004] Werden Fokus-Meßlichtbündel dichromatisch in den Hauptstrahlengang eingekoppelt, ergeben sich Probleme vor allem aufgrund der Rückkopplung eines Fokusflecks in das Hauptbild infolge unzureichender Sperrung im Empfindlichkeitsbereich des Empfängers, wegen des Auftretens von z-Offsets bei der "Schärfedetektion" im Autofokusbündel relativ zum Hauptbündel durch chromatische Abberation sowie aus optischen Fehlfunktionen des Übertragungssystems im Wellenlängenbereich des Autofokussystems.

[0005] Punktabtastende bzw. konfokale Systeme werden in der Mikroskopie genutzt, um sowohl eine gute Tiefenauflösung als auch eine gute Kontrastierung zu erzielen. Dabei spielen scannende Systeme mit Nipkowscheibe, wie beispielsweise in DE 195 11 937 C2 beschrieben oder auch spezielle Locharrays für einen linear scannenden Bildaufbau eine entscheidende Rolle. In diesem Zusammenhang sind neben schnellen Antastprinzipien auch hochauflösende Autofokussysteme erforderlich. Der scannende Bildaufbau unter Verwendung von Locharrays ist beispielsweise in der Zeitschrift "Materialprüfung" Jg. 39/1997, Heft 6, Seiten 264 ff. beschrieben.

[0006] Um eine genaue Autofokussierung zu erreichen, werden bei den bisher bekannten Verfahren und Anordnungen mehrere Meßbündel genutzt, um aus den örtlich gemittelten Messungen Informationen über ein Höhenprofil oder über anderweitige Oberflächeneigenschaften eines Beobachtungsobjektes ermittelt gewinnen zu können.

[0007] Von diesem Stand der Technik ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur konfokalen Autofokussierung der eingangs beschriebenen Art so weiter zu entwickeln, daß eine schnelle und sichere Überwachung der Fokussierung auf strukturierte Flächen, Kanten sowie Dünnschichtsysteme gewährleistet ist.

[0008] Erfindungsgemäß verlaufen bei einem Gerät der

eingangs beschriebenen Art die Bildinformationen und die Informationen über die Fokussierung in verschiedenen, örtlich voneinander getrennten optischen Zweigen innerhalb des Objektivstrahlenganges.

[0009] Aufgrund der getrennten Führung je mindestens eines Bildübertragungs- und eines Autofokussierungszweiges wird das insgesamt übertragbare Bildbündel sowohl zur Übertragung eines Hauptbildfeldes als auch eines Autofokusbildfeldes ausgenutzt und außerdem ein breiter Fangbereich für die Autofokussierung erzielt.

[0010] In vorteilhafter Ausgestaltung verläuft dabei der Bildübertragungszweig im Zentrum und der Autofokussierungszweig an der Peripherie des Objektivstrahlenganges, wobei der Bildübertragungszweig und der Autofokussierungszweig zumindest abschnittsweise parallel verlaufen. Beide Zweige werden mit Licht aus einer gemeinsamen Beleuchtungsquelle gespeist.

[0011] Die Auskopplung des Autofokussierungszweiges kann durch einen im Beleuchtungsstrahlengang vor einer Zwischenbildebene angeordneten Strahlteiler erfolgen, der zu diesem Zweck eine für das auf die Oberfläche des Beobachtungsobjektes gerichtete Beleuchtungslicht durchlässige und für das im Autofokussierungszweig von der Oberfläche des Beobachtungsobjektes kommende Licht reflektierende Schicht aufweist.

[0012] Weiterhin sind erfindungsgemäß Mittel zur Ausbildung und Auswertung dreier innerhalb des Autofokussierungszweiges verlaufender optischer Kanäle vorgesehen, von denen ein erster ein extrafokales, ein zweiter ein intrafokales und ein dritter ein in Richtung der optischen Achse konjugiertes Signal für jeweils eine Autofokussierungsbildebene liefert.

[0013] Um einen defokussierten Zustand sicher erfassen zu können, sind die optischen Kanäle vorteilhafterweise nebeneinanderliegend angeordnet, und jeder Kanal weist einen konfokalen und einen nicht konfokalen Bereich in seinem Strahlquerschnitt auf.

[0014] Die konfokalen Querschnittsbereiche der einzelnen Kanäle werden in vorteilhafter Ausgestaltung mittels Pinholes gebildet, die in Zeilen und/oder Spalten angeordnet und in den betreffenden Querschnittsbereich des jeweiligen Kanales eingebracht sind.

[0015] Bevorzugt sind die Pinholes auf Bereichen mit spaltenförmigem bzw. schmalen rechteckigen Umriss vorgesehen, die zur Formung der Kanäle in den Beleuchtungsstrahlengang eingeordnet sind. Die so entstehenden spaltenförmigen Kanäle korrespondieren mit jeweils einer Empfängerzeile der Auswerte- und Einstellereinheit, wobei bevorzugt jeder Kanal eine Oberflächenregion des Beobachtungsobjektes auf die zugeordnete Empfängerzeile abbildet.

[0016] Soll bei dieser Abbildung in allen Kanälen der gleiche Abbildungsmaßstab erzielt werden, müssen die Empfängerzeilen einzeln entsprechend der Lage des jeweils zugeordneten Kanals, bezogen auf die optische Achse, versetzt angeordnet werden.

[0017] Allerdings ist es auch denkbar, für alle drei Kanäle Empfängerzeilen vorzusehen, die in einer gemeinsamen Ebene liegen, wodurch vorteilhaft erstens die zeitgleiche Erfassung der Informationen aus allen Kanälen möglich ist und zweitens eine Empfängerbaugruppe (bevorzugt mit mehreren Empfängerzeilen) für alle Kanäle genutzt werden kann. Dabei ergeben sich zwar unterschiedliche Abbildungsmaßstäbe, was sich jedoch nicht nachteilig auswirkt, da die Erfassung des Fokussierungszustandes über eine Kontrastmessung erfolgt; bei der Erfassung der Fokussierung mittels Kontrastmessung sind unterschiedliche Abbildungsmaßstäbe in der Empfängerebene vernachlässigbar.

[0018] Zur Auswertung der einzelnen Objektregionen so-

wie zur Korrektur der Fokusslage sind die Ausgänge der Empfängerzeilen mit den Signaleingängen der Auswert- und Einstelleinheit verbunden.

[0019] Infolge der Verwendung derselben Beleuchtungsquelle für die Objektbeobachtung und für das Autofokussystem erfolgt die Autofokussierung nahezu optisch vollständig konjugiert. Die spaltenförmige Ausbildung der Kanäle, der Objektregionen und der Empfänger hat außerdem den Vorteil, daß neben dem Hauptbildfeld ein überschaubares Autofokusbildfeld sichtbar ist.

[0020] Der seitliche Versatz der Autofokusmeßszene in X- und Y-Richtung senkrecht zur Richtung der optischen Hauptachse Z, der dann auftritt, wenn eine Unebenheit am Beobachtungsobjekt zu einer unterschiedlichen Bildschärfe im Autofokus- und Hauptbildfeld führt, kann durch dynamische Regelparameter über die Auswert- und Einstelleinheit kompensiert werden.

[0021] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, daß in der Abbildungsebene des optischen Kanals, der das konjugierte Signal überträgt, ein Spektralapparat angeordnet ist und sich außerdem im Objektivstrahlengang zwischen Tubuslinse und Objektiv ein Chromatobjektiv zur definierten Einführung eines Farblängsfehlers befindet.

[0022] Dabei ist die Auswertung eines Falschfarbenspektrums mit dem Spektralapparat ein zusätzliches Kriterium für die Bestimmung der Fokusebene. Die Auswertung erfolgt durch einen Vergleich der aktuell erfaßten Farbinformation mit der gespeicherten Farbinformation für ein ideales Höhenprofil. Dieses an sich bekannte Verfahren ist beispielsweise beschrieben in DE 197 13 362 A1 und DE 196 12 846 A1.

[0023] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung, die insbesondere zur konfokalen Autofokussierung bei einem Mikroskop geeignet ist, sieht als Hauptbildteiler ein Polarisator vor, wobei außerdem zwischen dem Objektiv und der Tubuslinse eine  $\lambda/4$ -Platte angeordnet ist und der vom Beobachtungsobjekt reflektierte, nunmehr durch den Polarisator gelangende Anteil des polarisierten Lichtes auf eine in der Beobachtungsebene liegende Reflexionsfläche gerichtet ist.

[0024] Der an dieser Fläche reflektierte Lichtanteil gelangt erneut auf die Oberfläche des Beobachtungsobjektes und anschließend nach doppeltem Durchgang durch die  $\lambda/4$ -Platte und den Polarisator und schließlich, nach entsprechender Polarisationsdrehung von der Teilerschicht des Polarisators reflektiert, in den Autofokussierungszweig. Die Verwendung von polarisiertem Licht ermöglicht vorteilhaft eine sehr gute Trennung von Falschlicht und eine theoretisch um den Faktor 2 verbesserte Lichtleistung in den Empfängerzeilen.

[0025] Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen

[0026] Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau der Anordnung zur Autofokussierung an einem Mikroskop,

[0027] Fig. 2 die Aufteilung des Beleuchtungsbildfeldes mit erfindungsgemäßer Anordnung der optischen Kanäle,

[0028] Fig. 3 ein Beispiel für Intensitätsfunktionen in Abhängigkeit vom Fokusparameter z,

[0029] Fig. 4 ein Beispiel für Kontrastfunktionen in Abhängigkeit vom Fokusparameter z,

[0030] Fig. 5 den Aufbau der Anordnung mit spektraler Auswertung,

[0031] Fig. 6 die Darstellung eines nicht konfokalen Zeilenkontrastes auf einer höhenstrukturierten Waferoberfläche,

[0032] Fig. 7 die Darstellung eines konfokalen Zeilenkon-

trastes auf einer höhenstrukturierten Waferoberfläche,

[0033] Fig. 8 den Vergleich eines nicht konfokalen mit einem konfokalen Zeilenkontrast,

[0034] Fig. 9 den Aufbau der Anordnung mit polarisiertem Licht.

[0035] Fig. 1 zeigt beispielhaft das Prinzip der erfindungsgemäßen konfokalen Autofokussierung anhand eines Strahlenganges zur konfokalen Mikroskopie.

[0036] Der von einer Beleuchtungsquelle 1 ausgehende Beleuchtungsstrahlengang 2 ist über die teilreflektierende Schicht 3 eines Hauptbildteilers 4, eine Tubuslinse 5 und ein fokussierendes Objektiv 6 auf ein Beobachtungsobjekt 7 gerichtet.

[0037] Das vom Beobachtungsobjekt 7 reflektierte oder gestreute Licht gelangt zur teilreflektierenden Schicht 3 zurück und durch diese hindurch in eine Beobachtungsebene 8, wo die Bewertung des beobachteten Oberflächenabschnittes des Beobachtungsobjektes 7 vorgenommen wird. Gleichzeitig erfolgt eine Teilreflexion an der teilreflektierenden Schicht 3 in eine Zwischenbildebene 9.

[0038] Erfindungsgemäß werden die der Objektbeobachtung dienende Bildinformation und die Information über die Fokusslage in verschiedenen, örtlich voneinander getrennt verlaufenden optischen Zweigen geführt.

[0039] Dazu befindet sich zwischen der Beleuchtungsquelle 1 und der Zwischenbildebene 9 ein Autofokussierungsteilerprisma 10, wobei das Beleuchtungslicht für den Autofokussierungszweig noch vor der Zwischenbildebene 9 das Autofokussierungsteilerprisma 10 durchdringt und dann an der Peripherie des Strahlenganges 2 verläuft.

[0040] Der Autofokussierungszweig verläuft zwischen dem Beobachtungsobjekt 7 bzw. der Objektebene und der teilreflektierenden Schicht 3 parallel neben dem Bildbündel 11 und gelangt von dort auf dem Rückweg wieder in den Beleuchtungsstrahlengang.

[0041] Im Autofokussierungszweig sind drei nebeneinander liegende optische Kanäle 13, 14 und 15 ausgebildet, wobei der Kanal 13 ein extrafokales Signal in eine extrafokale Ebene 16, der Kanal 14 ein intrafokales Signal in eine intrafokale Ebene 17 und der Kanal 15 ein in Richtung der optischen Achse 12 konjugiertes Signal in eine konjugierte Ebene 18 liefern. Die Ebene 18 befindet sich in optischer Konjunktion zur Leuchtfeldblende des Hauptstrahlenganges.

[0042] Fig. 2 zeigt in einem Schnitt AA aus Fig. 1 die Aufteilung des Beleuchtungsstrahlenganges 2 mit der Anordnung der optischen Kanäle 13, 14, 15 innerhalb des insgesamt übertragenen Lichtbündels.

[0043] Jeder der optischen Kanäle 13, 14, 15 weist einen konfokalen und einen nicht konfokalen Strahlquerschnittsbereich auf, wobei die konfokalen Strahlquerschnittsbereiche der Kanäle 13, 14, 15 durch in den Ebenen 16, 17, 18 angeordnete Blenden mit Zeilen und/oder Spalten aus Pinholes gebildet werden.

[0044] Fig. 2 zeigt außerdem das Hauptbildfeld, welches ein konfokales Bild des Beobachtungsobjektes 7 erzeugt und daher strukturiert ist.

[0045] Das Autofokussierungsteilerprisma 10, wirksam nur für den Autofokussierungszweig bzw. für die Kanäle 13, 14 und 15, separiert einen Sensorzweig 19, der beim Autofokussierungsteilerprisma 10 beginnt (vgl. Fig. 1).

[0046] Die drei optischen Kanäle 13, 14 und 15, die dicht nebeneinander liegende, spaltenförmige Abschnitte des Beobachtungsobjektes 7 wiedergeben, werden über den Sensorzweig 19 mittels einer Übertragungsoptik 20 auf spaltenförmig ausgebildete sowie zueinander versetzt angeordnete Empfänger abgebildet, deren Empfangsflächen in den in Fig. 1 dargestellten Autofokussierungsebenen 21, 22

und 23 positioniert sind.

[0047] Die Verarbeitung der über die optischen Kanäle 13, 14 und 15 gelieferten und mit den Empfängern opto-elektronisch gewandelten Signale erfolgt mittels einer in den Zeichnungen nicht dargestellte Auswerte- und Einstelleinheit.

[0048] Fig. 3 und Fig. 4 dienen der nachfolgenden Erläuterung der Auswertung und Umsetzung der Signale in Stellbefehle für eine Fokussachstellung.

[0049] Zwecks Erzeugung eines möglichst großen Fangbereiches wird als Kontrastfunktion lediglich die Summe der von den Empfängern ermittelten Pixelintensität in den nicht konfokalen Strahlquerschnittsbereichen gebildet. Dabei entstehen, wie in Fig. 3 dargestellt, für jeden optischen Kanal 13, 14 und 15 gesonderte, jeweils von einem gesonderten Fokusparameter  $z$  abhängige Intensitätsfunktionen, wobei die Intensitätsfunktion 24 dem extrafokalen Kanal 13, die Intensitätsfunktion 25 dem intrafokalen Kanal 14 und die Intensitätsfunktion 26 dem konjugierten Kanal 15 entsprechen.

[0050] Die Intensitätsfunktionen 24, 25 und 26 sind glockenkurvenartige Funktionen, die in  $z$ -Richtung verschoben sind und zur Generierung eines Fokusrichtungssignales ausgenutzt werden, wobei für einen angenommenen Fokusort  $z_1$  für den extrafokalen Kanal 13 ein Wert  $I_e(z_1)$ , für den intrafokalen Kanal 14 ein Wert  $I_i(z_1)$  und für den konjugierten Kanal 15 ein Wert  $I_k(z_1)$  gemessen wird.

[0051] Eine erforderliche Fokuskorrektur wird dabei wie folgt ermittelt:

1. Sofern  $I_e(z_1)$  kleiner ist als  $I_i(z_1)$ , erfolgt eine Fokussierung in extrafokaler Richtung;
2. sofern  $I_e(z_1)$  größer ist als  $I_i(z_1)$ , erfolgt eine Fokussierung in intrafokale Richtung;
3. ist  $I_e(z_1)$  gleich  $I_i(z_1)$ , erfolgt keine Fokussierung.

[0052] Hierbei gilt als Randbedingung, daß  $I_k(z_1)$  größer ist als  $I_e(z_1)$  und  $I_i(z_1)$ .

[0053] Zur Feinfokussierung mit einer hohen Auflösung werden die Konfokalbereiche in den Kanälen 13, 14 und 15 ausgewertet. Als Kontrastfunktionen werden dabei beispielsweise die Summen über den Quadraten der Abweichung der Pixelintensität von der mittleren Intensität in den konfokalen Bereichen gebildet.

[0054] So entstehen drei konfokale steilflankige Kontrastfunktionen, nämlich eine extrafokale Kontrastfunktion 27, eine intrafokale Kontrastfunktion 28 und eine konjugierte Kontrastfunktion 29, deren Abhängigkeit vom Fokusparameter  $z$  zusammen mit den Intensitätsfunktionen 24, 25 und 26 des nichtkonfokalen Bereiches in Fig. 4 dargestellt ist. Hier ergeben sich drei Funktionen mit geringer Halbwertsbreite, die jeweils innerhalb der breiten Intensitätsfunktionen 24, 25 und 26 nach Fig. 3 liegen und stark von den Konfokalparametern Pinholedurchmesser, Abbildungsapertur und Abbildungsvergrößerung abhängig sind.

[0055] Die Notwendigkeit zur Feinfokussierung wird wie folgt bestimmt:

1. Messung der Kontrastfunktionen im gleichen Fokusort  $z_1$ , wobei die Kontrastfunktion für den extrafokalen Kanal 13 als Wert  $K_e(z_1)$ , für den intrafokalen Kanal 14 als Wert  $K_i(z_1)$  und für den konjugierten Kanal 15 als Wert  $K_k(z_1)$  definiert wird;
2. sofern  $K_e(z_1)$  kleiner ist als  $K_i(z_1)$ , erfolgt die Feinfokussierung in extrafokaler Richtung;
3. sofern  $K_e(z_1)$  größer ist als  $K_i(z_1)$ , erfolgt die Feinfokussierung in intrafokaler Richtung;
4. ist  $K_e(z_1)$  gleich  $K_i(z_1)$ , erfolgt keine Fokussie-

rung.

[0056] Hierbei gilt die Randbedingung, daß  $K_k(z_1)$  größer ist als  $K_e(z_1)$  sowie  $K_i(z_1)$  und  $K_e(z_1)$  ungefähr  $K_i(z_1)$  ist.

[0057] Fig. 5 zeigt die erfindungsgemäße Anordnung dahingehend weiterentwickelt, daß in der Autofokussierungsbildebene des konjugierten Kanals 15 (vgl. Fig. 1) ein Spektralapparat 30 angeordnet ist, während sich in der Autofokussierungsbildebene des extrafokalen Kanals 13 ein spaltenförmiger Empfänger 31 und in der Autofokussierungsbildebene des intrafokalen Kanals 14 ein spaltenförmiger Empfänger 32 befindet. Zur definierten Einführung eines Farblängsfehlers ist im Objektstrahlengang zwischen der Tubuslinse 5 und dem Objektiv 6 ein Chromatobjektiv 35 angeordnet.

[0058] Die Verwendung des Spektralapparates 30 in Verbindung mit dem Chromatobjektiv 35 erbringt durch die Auswertung eines Falschfarbenspektrums des konjugierten optischen Kanals 15 eine zusätzliche Information zur Feineinstellung der Fokusebene, wobei die Auswertung in der Auswerteeinheit durch einen Vergleich der aktuell ermittelten Farbinformation mit der gespeicherten Farbinformation für ein richtig fokussiertes Höhenprofil erfolgt.

[0059] Wegen der Höhenstrukturierung des Beobachtungsobjektes 7 ergibt sich bei konfokaler Bildgenerierung im Hauptbildfeld eine sehr differenzierte Situation bei der "Scharfeinstellung einer Objektszene". Es entsteht, wie in Fig. 7 dargestellt, eine mehrdeutige Kontrastfunktion 34 im Hauptbild als Funktion des Fokuswertes  $z$ .

[0060] Fig. 7 zeigt das Charakteristikum bei stark konfokaler Abbildung, das heißt bei Beobachtungsobjekten mit Tiefencharakter sowie mehreren reflektierenden Beobachtungsebenen des Beobachtungsobjektes 7. Somit werden verschiedene Bilder des Beobachtungsobjektes 7 über den Fokuswert  $z$  entsprechend der Eigenschaften des Beobachtungsobjektes 7, wie Höhenprofil und Reflexionseigenschaften, in verschiedenen Objektebenen erzeugt.

[0061] Eine eindeutige Unterscheidung von Objektebenen ist daher möglich, sie setzt jedoch eine Höhenkodierung voraus.

[0062] Der konjugierte Kanal 15 wird hierbei komplett konfokal erzeugt und beleuchtet den Eintrittsspalt des Spektralapparates 30. Die Fokussierung erfolgt analog der bereits weiter oben dargelegten Verfahrensweise. Gleiches trifft auf die Auswertung der optischen Signale im extra- und intrafokalen Kanal 13 bzw. 14 bezüglich der nichtkonfokalen Strahlquerschnittsbereiche zu. Dazu sind in Fig. 6, Fig. 7 und Fig. 8 verschiedene Kontrastfunktionen dargestellt.

[0063] Um die Fokusebene eindeutig bestimmen zu können, wird zusätzlich das Falschfarbenspektrum des konjugierten Kanals 15 ausgewertet. Bei Verwendung einer breitbandigen Beleuchtungsquelle 1 weist dieses Spektrum einen festen Abstand der Farbmaxima zueinander auf. Eine Reflexionsebene wird durch Fokussierung des Beobachtungsobjektes 7 und nachfolgende Beobachtung des Spektrums so gewählt, daß das zugehörige Maximum auf die kurzwelligste Farbe des Beleuchtungsspektrums eingestellt wird.

[0064] Für die weitere Feinfokussierung werden wiederum die Konfokalbereiche der extra- und intrafokalen Kanäle 13 und 14 ausgewertet. Eine endgültige Feinfokussierung der vorausgewählten Reflexebene erfolgt dabei wie bereits beschrieben.

[0065] Eine zusätzliche Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung ist in Fig. 9 dargestellt. Anstelle des Hauptbildteilers 4 (Fig. 1 und Fig. 5) wird ein Polarisator 36 verwendet. Ferner befinden sich zwischen dem Objektiv 6 und der Tubuslinse 5 eine  $\lambda/4$ -Platte 37.

[0066] Über eine in der Empfängerbildebene 8 angeord-

nete Reflexionsfläche 40 gelangt ein vom Beobachtungsobjekt 7 reflektierter sowie durch den Polarisator hindurchgehender Anteil des polarisierten Lichtes erneut auf das Beobachtungsobjekt 7 und wird dann durch die Anordnung der  $\lambda/4$ -Platte 37 über die teilreflektierende Schicht 3 des Polarisators 36 in den Autofokussierungszweig abgelenkt. 5

[0067] In diesem Falle werden, entsprechend einer bereits beschriebenen Ausgestaltung, die durch die Kanäle 13, 14, 15 definierten Objektregionen über die Übertragungsoptik 20 auf nur einem Empfänger 33 abgebildet. 10

[0068] Der Empfänger 33 ermöglicht eine zeitgleiche Auswertung des extrafokalen, des intrafokalen sowie des konjugierten Signales. Die sich dabei ergebenden Unterschiede in den Abbildungsmaßstäben sind, wie bereits beschrieben, für die Bestimmung der Fokusslage unerheblich. 15

#### Bezugszeichenliste

1	Beleuchtungsquelle	
2	Strahlengang	20
3	teilreflektierende Schicht	
4	Hauptbildteiler	
5	Tubuslinse	
6	Objektiv	
7	Beobachtungsobjekt	25
8	Beobachtungsbildebene	
9	Zwischenbildebene	
10	Autofokussierungsteilerprisma	
11	Bildbündel	
12	optische Achse	30
13	extrafokaler Kanal	
14	intrafokaler Kanal	
15	konjugierter Kanal	
16	extrafokale Ebene	
17	intrafokale Ebene	35
18	konjugierte Ebene	
19	Sensorzweig	
20	Übertragungsoptik	
21, 22, 23	Autofokussierungsbildebene	
24	Intensitätsfunktion extrafokaler Kanal	40
25	Intensitätsfunktion intrafokaler Kanal	
26	Intensitätsfunktion konjugierter Kanal	
27	Kontrastfunktion extrafokaler Kanal	
28	Kontrastfunktion intrafokaler Kanal	
29	Kontrastfunktion konjugierter Kanal	45
30	Spektralapparat	
31	Empfängerzeile für extrafokalen Kanal	
32	Empfängerzeile für intrafokalen Kanal	
33	Empfänger	
34	Kontrastfunktion	50
35	Chromatobjektiv	
36	Polarisator	
37	$\lambda/4$ -Platte	
39	Lichtanteil polarisierten Lichtes	
40	Reflexionsfläche	55

#### Patentansprüche

1. Anordnung zur konfokalen Autofokussierung von optischen Geräten, bevorzugt von Mikroskopen, bei denen ein Beleuchtungsstrahlengang (2) auf ein Beobachtungsobjekt (7) gerichtet ist, aus dem vom Beobachtungsobjekt (7) in ein Objektiv (6) reflektiertes Licht sowohl Bildinformationen von der Oberfläche des Beobachtungsobjektes (7) als auch Informationen über die Fokusslage gewonnen werden und anhand dieser Informationen mittels einer Auswerte- und Einstell-

dadurch gekennzeichnet, daß die Bildinformationen und die Informationen über die Fokusslage in verschiedenen, örtlich voneinander getrennt verlaufenden optischen Zweigen innerhalb des Objektivstrahlenganges geführt sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Zentrum des Objektivstrahlenganges ein Lichtbündel (11) als Bildübertragungszweig und in der Peripherie des Objektivstrahlenganges ein Autofokussierungszweig verlaufen.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildübertragungszweig und der Autofokussierungszweig mit einer gemeinsamen Beleuchtungsquelle (1) optisch verbunden sind.

4. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Ausbildung und Auswertung dreier innerhalb des Autofokussierungszweiges verlaufender optischer Kanäle (13, 14, 15) vorgesehen sind, von denen ein erster ein extrafokales, ein zweiter ein intrafokales und ein dritter ein in Richtung der optischen Achse (12) konjugiertes Signal für jeweils eine Autofokussierungsbildebene (21, 22, 23) liefert.

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Kanäle (13, 14, 15) nebeneinander verlaufend angeordnet sind und jeder Kanal (13, 14, 15) einen konfokalen und einen nicht konfokalen Bereich in seinem Strahlquerschnitt aufweist.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ausbildung der Kanäle (13, 14, 15) spaltenförmige Blenden in den Beleuchtungsstrahlengang eingeordnet sind, wobei die Blenden in den konfokalen Bereichen in Zeilen und/oder Spalten angeordnete Pinholes aufweisen.

7. Anordnung nach Anspruch 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils einer der Kanäle (13, 14, 15) mit einer Empfangseinrichtung der Auswerte- und Einstelleinheit korrespondiert, wobei jeder der Kanäle (13, 14, 15) eine Region der Oberfläche des Beobachtungsobjektes (7) auf jeweils eine Empfängerzeile (30, 31, 32) abbildet.

8. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Objektivstrahlengang zwischen der Tubuslinse (5) und dem Objektiv (6) ein Chromatobjektiv (35) und in der Autofokussierungsbildebene (23) des ein konjugiertes Signal liefernden Kanals (15) ein Spektralapparat (30) vorgesehen sind.

9. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auskopplung des Autofokussierungszweiges aus dem Beleuchtungsstrahlengang vor einer Beobachtungsbildebene (9) ein Strahlteiler (10) mit einer für das von der Beleuchtungsquelle (1) kommende und auf die Oberfläche des Beobachtungsobjektes (7) gerichtete Beleuchtungslicht durchlässigen und für das im Autofokussierungszweig von der Oberfläche des Beobachtungsobjektes (7) kommende Licht reflektierenden Schicht angeordnet ist.

10. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, insbesondere ausgebildet zur konfokalen Autofokussierung bei einem Mikroskop, bei dem der Hauptbildteiler (4) als Polarisator (36) ausgebildet ist, zwischen dem Objektiv (6) und der Tubuslinse (5) eine  $\lambda/4$ -Platte (37) angeordnet ist, der vom Beobachtungsobjekt (7) reflektierte, durch den Polarisator (36) in die Beobachtungsbildebene (8) gelangende Anteil des polarisierten Lichtes (39) auf eine in der Beobachtungs-

bildebene (8) liegende Reflexionsfläche (40) gerichtet ist, das polarisierte Licht (39) im rückwärtigen Strahlengang erneut auf das Beobachtungsobjekt (7) trifft und schließlich nach dem vierten Durchlauf durch die  $\lambda/4$ -Platte (37) eine Polarisationsrichtung hat, bei der es von der Teilerschicht des Polarisators (36) als Autofokussignal zum Sensorzweig hin abgelenkt wird.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -



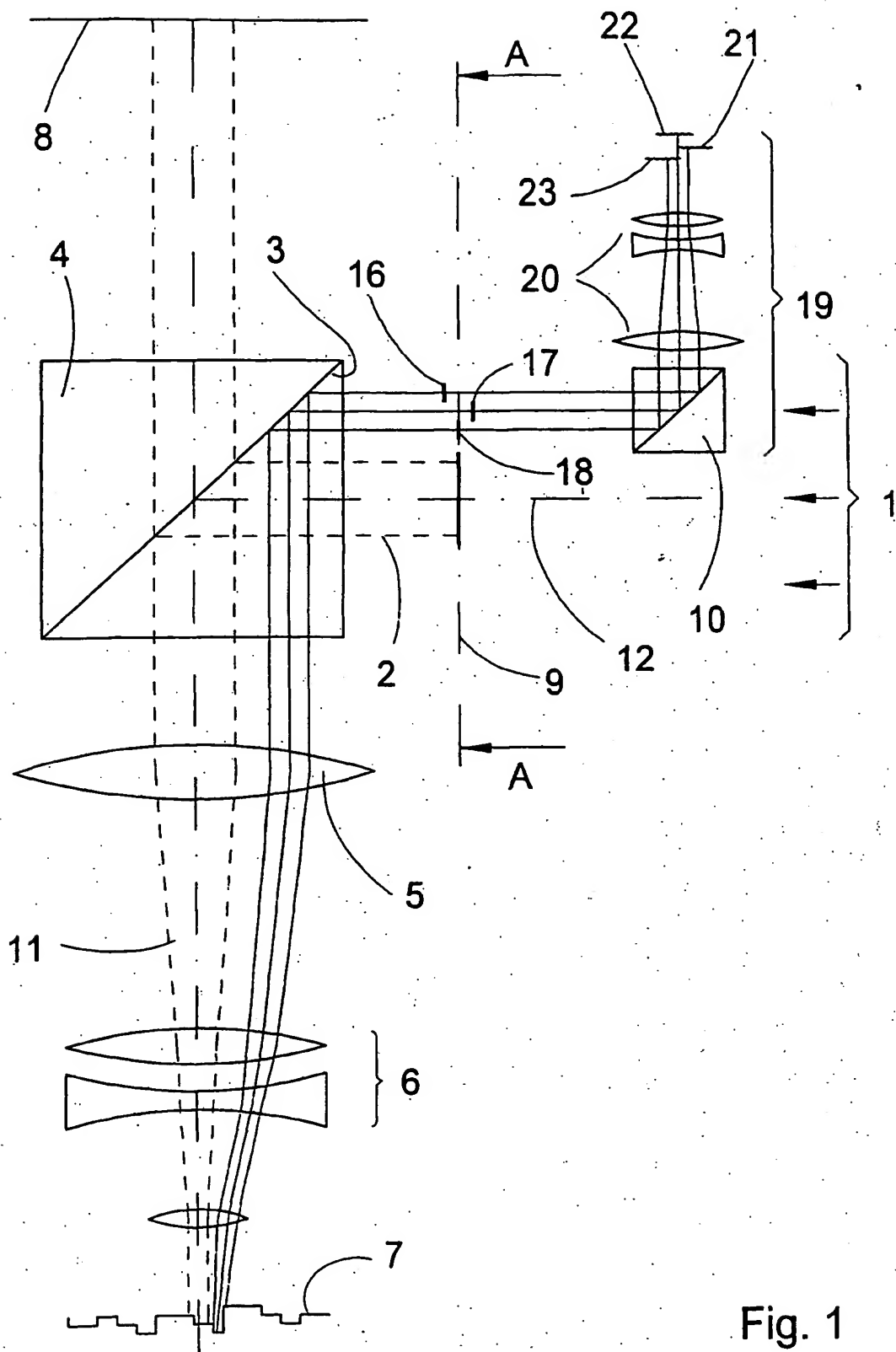


Fig. 1

## Schnitt AA aus Fig.1

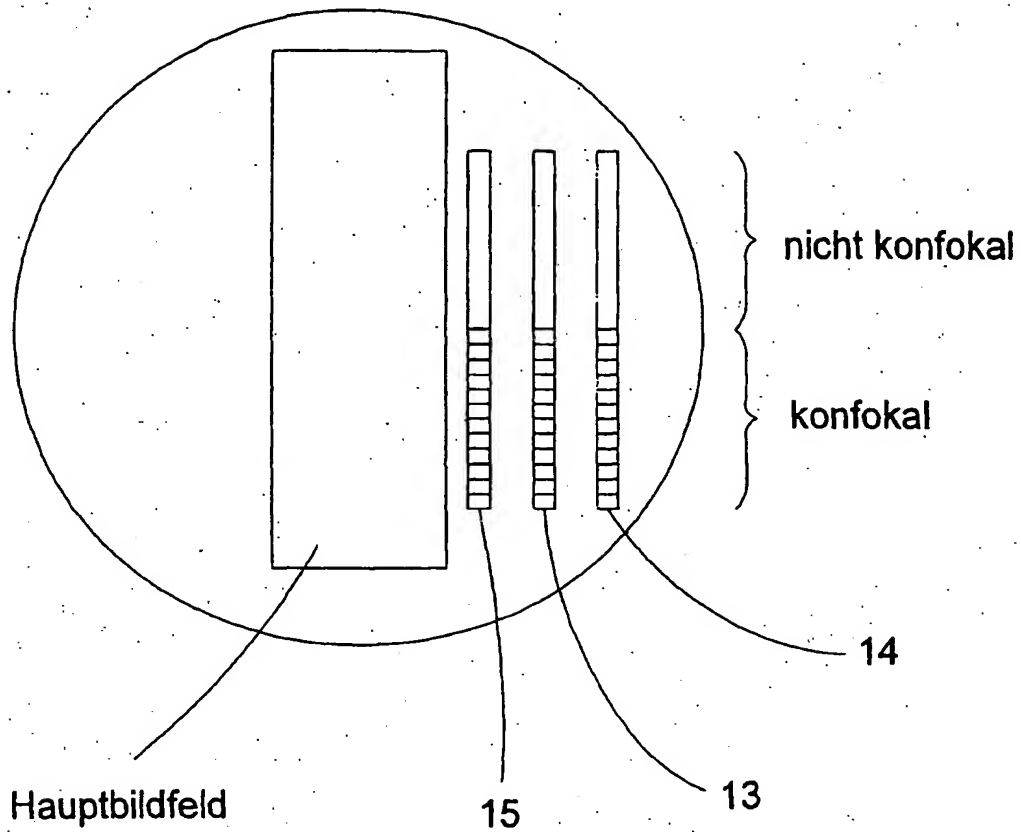


Fig.2

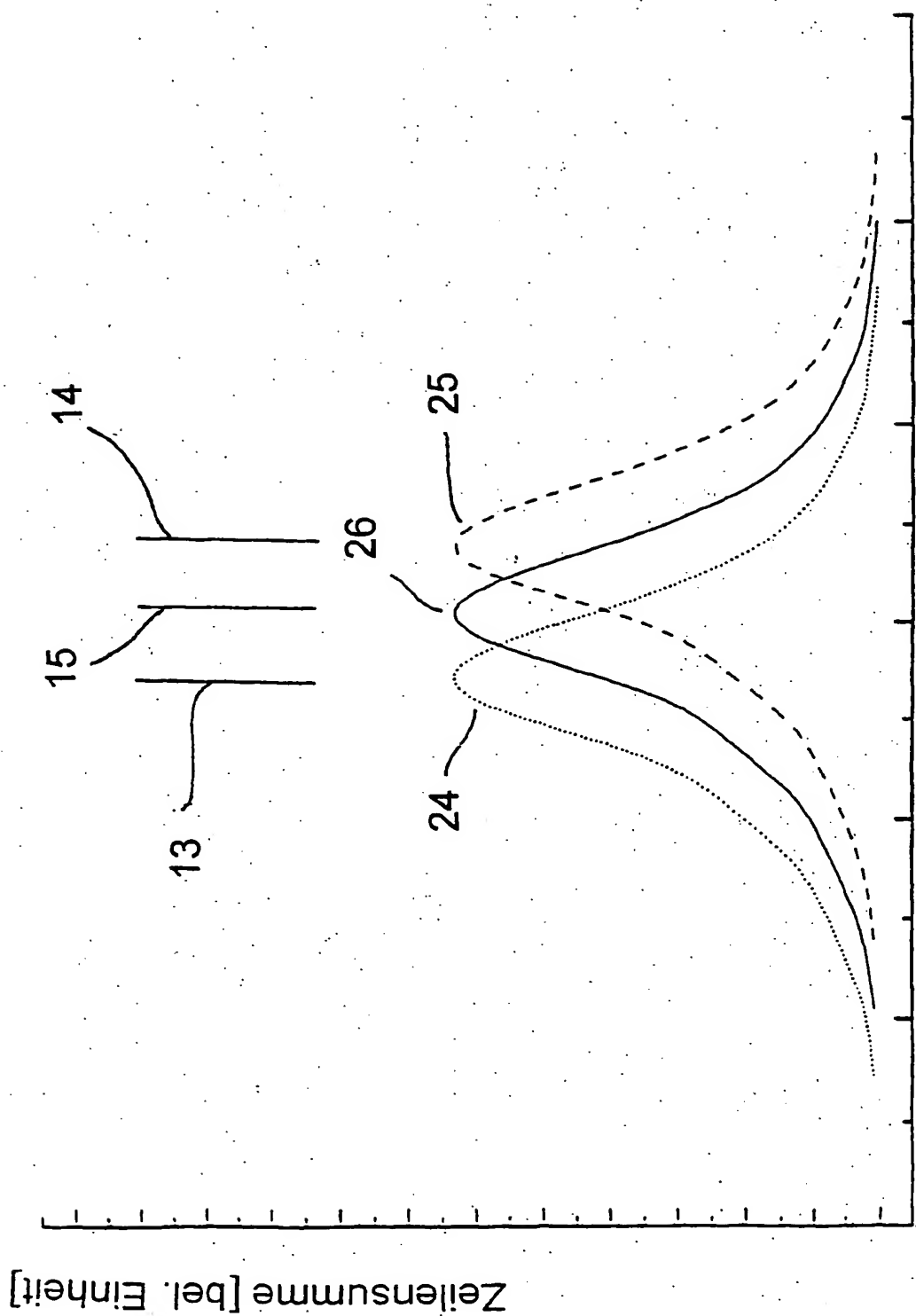


Fig. 3

Fokussierung in z

Zeilenkontrast [bel. Einheit]

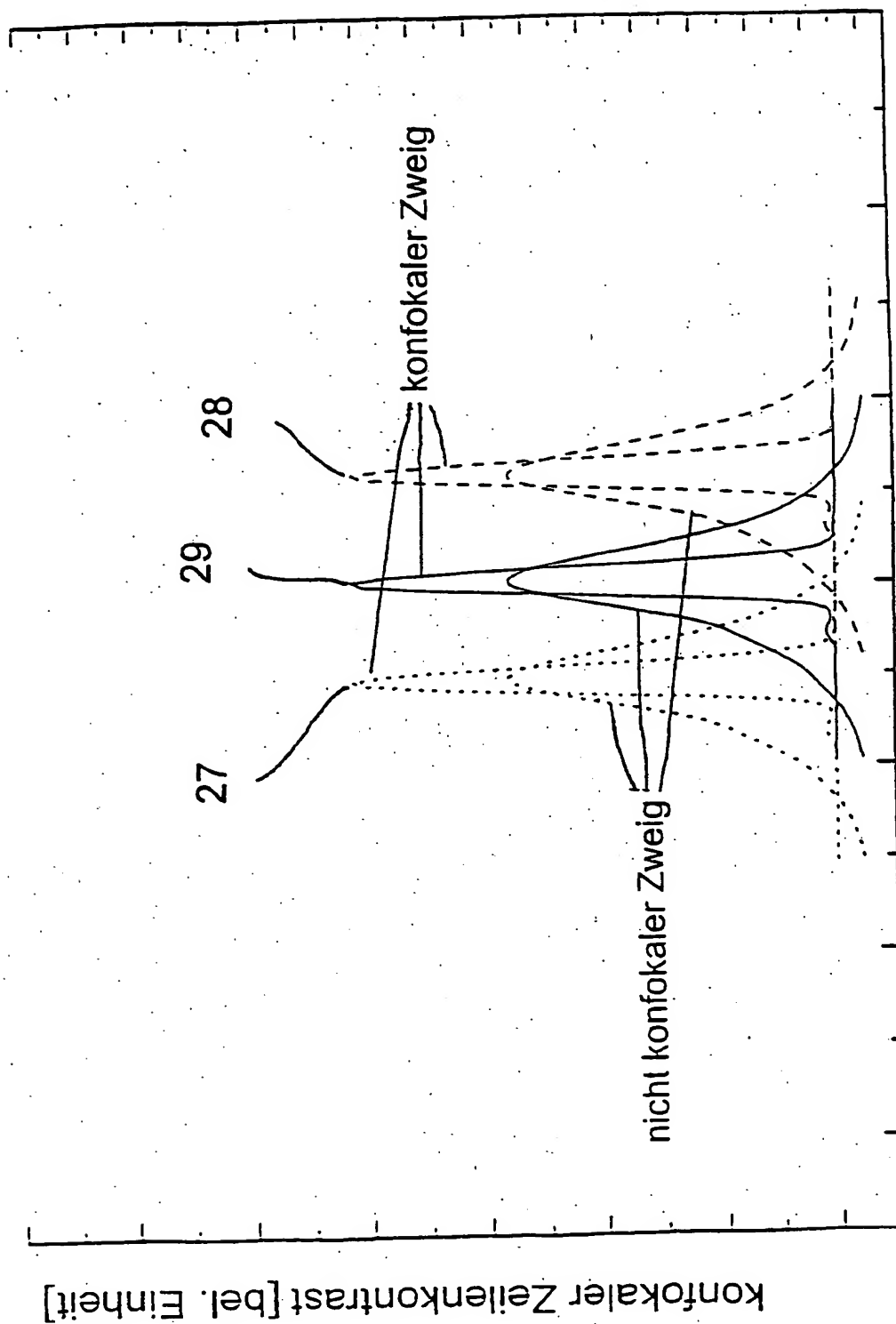


Fig.4

Fokussierung in z

konfokaler Zeilenkontrast [bel. Einheit]

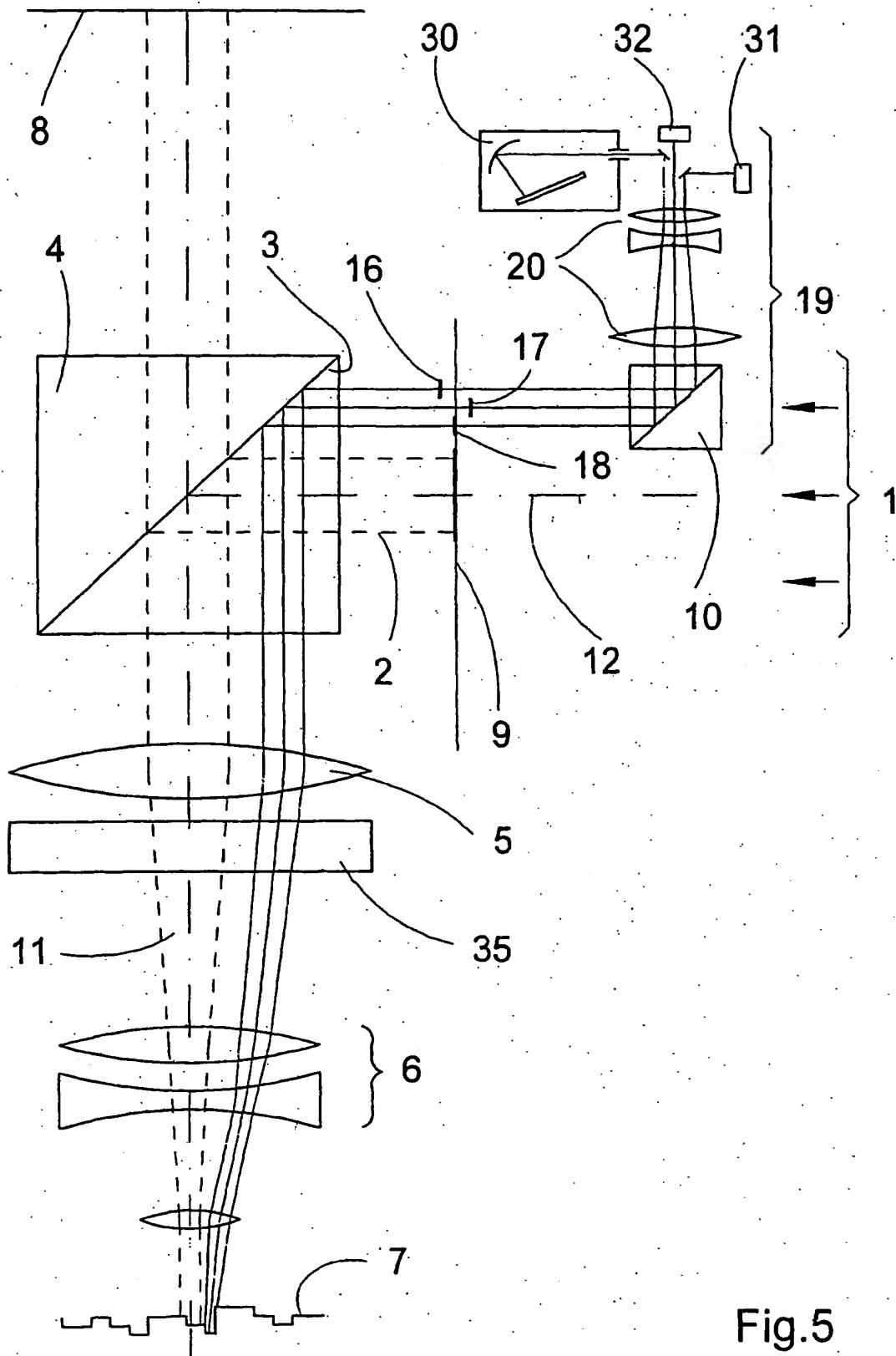
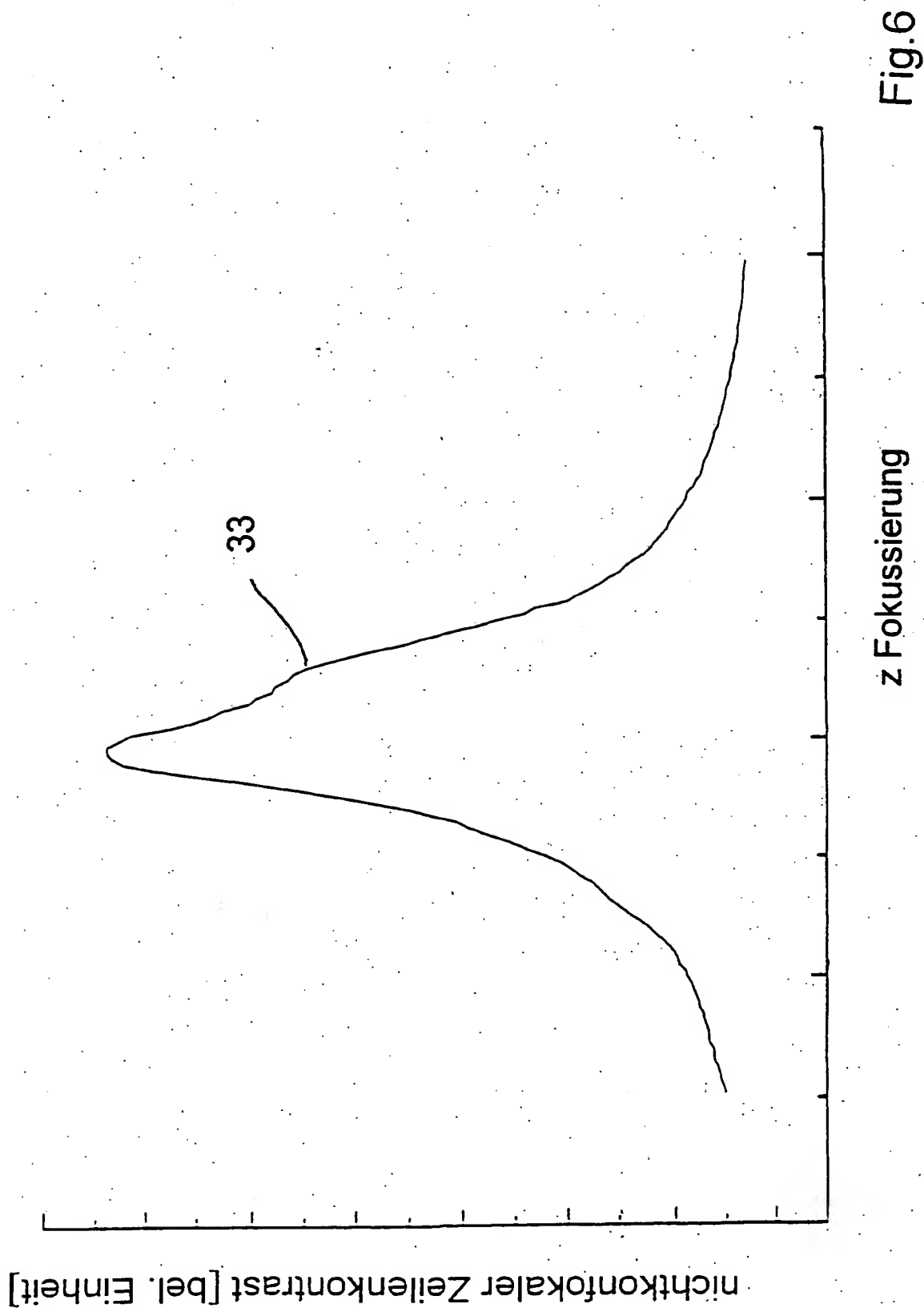


Fig.5



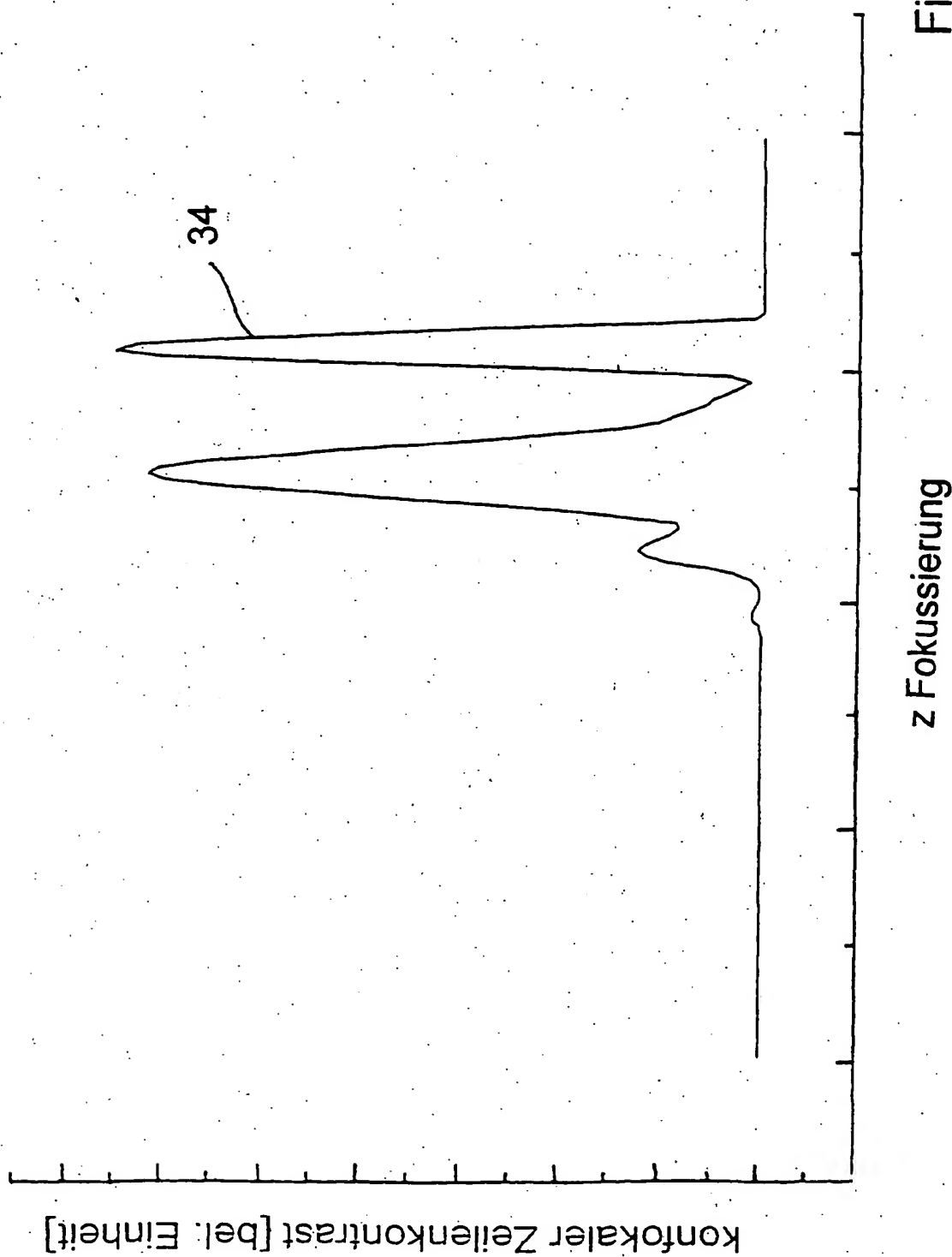
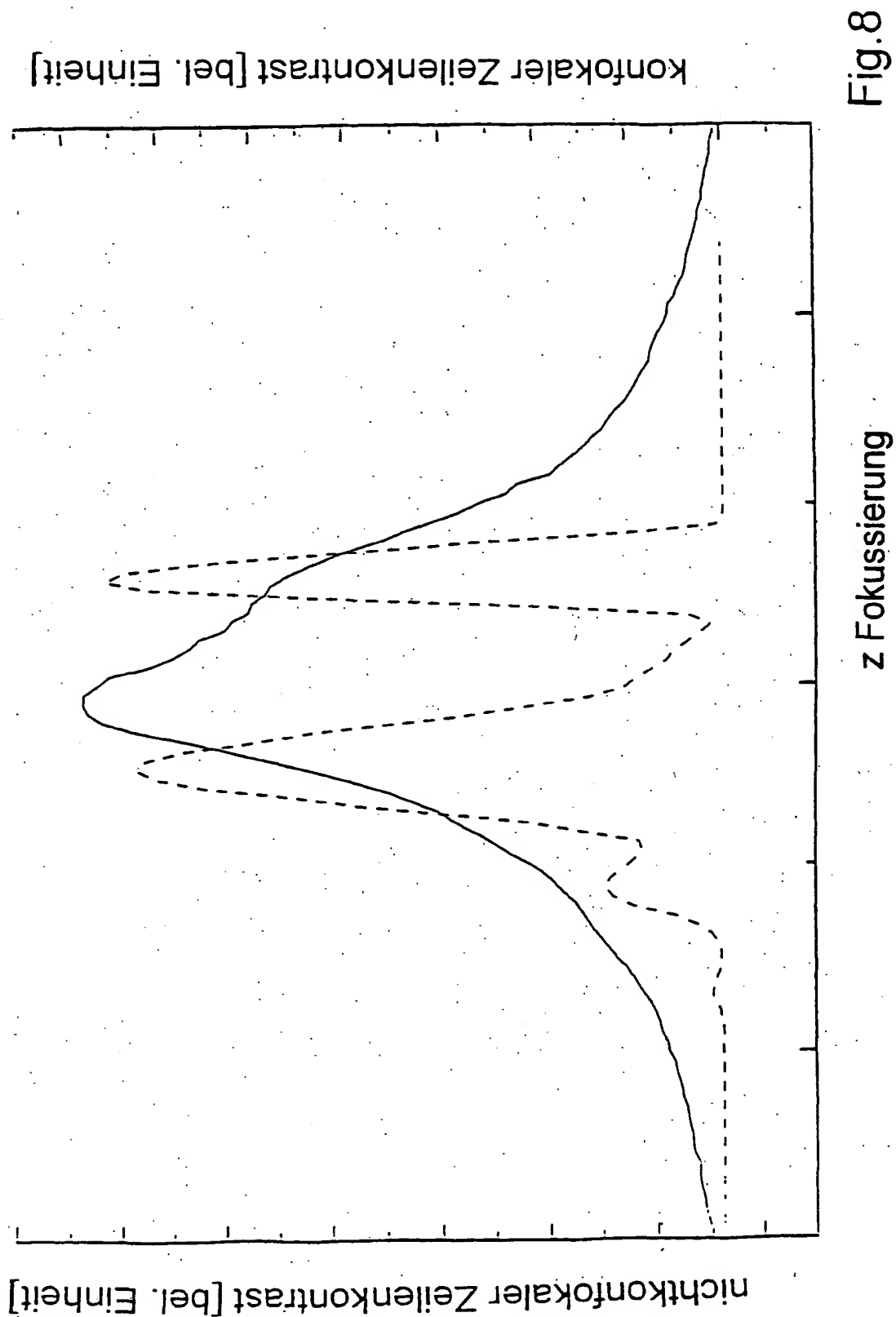


Fig.7





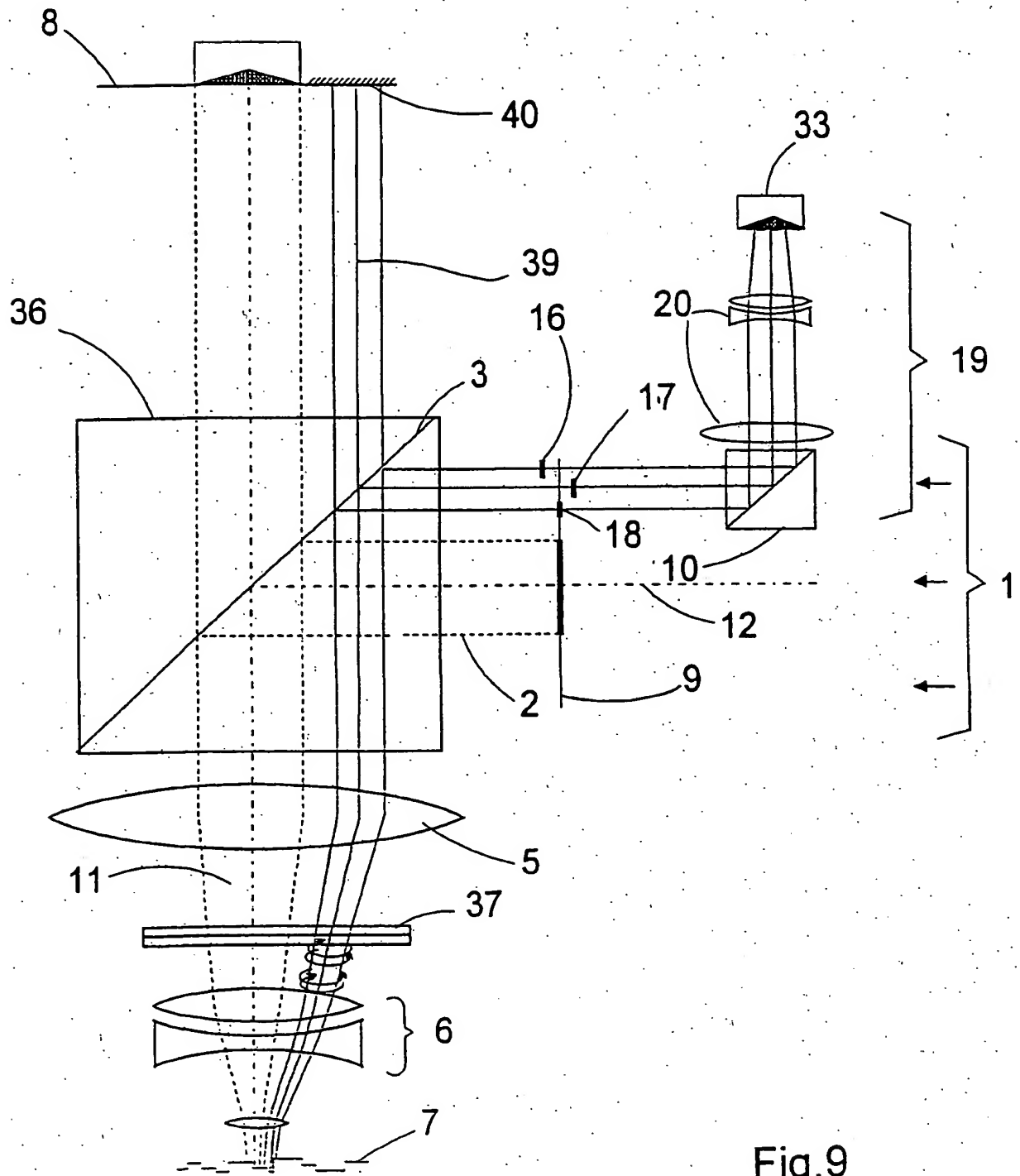


Fig.9